



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 35 37 508.6  
②2 Anmeldetag: 22. 10. 85  
④3 Offenlegungstag: 24. 4. 86

Behördeneigentum

DE 3537508 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
24.10.84 JP 59-222277 25.12.84 JP 59-271860  
06.02.85 JP 60-14657 19.02.85 JP 60-21219

⑦1 Anmelder:  
Nippon Kokan K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Westphal, K., Dipl.-Ing.; Mußgnug, B., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., 7730 Villingen-Schwenningen; Buchner,  
O., Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:  
Tagashira, Motoshi, Kawasaki, Kanagawa, JP;  
Kamio, Hiroshi, Tokio/Tokyo, JP; Fukuda, Shuzo;  
Teramoto, Toyokazu, Yokohama, Kanagawa, JP;  
Kodoi, Akio; Terauchi, Takumasa, Fukuyama,  
Hiroshima, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Düsenverteilerkopf zur Erzeugung einer flachen laminaren Strömung

Es wird ein Düsenverteilerkopf zur Erzeugung einer flachen laminaren Strömung beschrieben. Das in Form eines laminaren Wasservorhangs vom Düsenverteilerkopf austretende Kühlwasser beaufschlagt ein vorbeilaufendes Stahlerzeugnis mit hoher Temperatur von oben zur Abkühlung desselben. Der Düsenverteilerkopf umfaßt einen Wasserbehälter, einen flachen Wasserkanal an der Oberseite einer Seitenwand des Wasserbehälters und ein im Inneren des Wasserbehälters angeordnetes Wasserrohr, und der laminare Wasservorhang tritt aus dem flachen Wasserkanal als innerhalb eines breiten Bereichs gleichmäßige laminare Strömung in Richtung der Breitenausdehnung des Erzeugnisses aus. Zusätzlich enthält der Düsenverteilerkopf eine senkrecht vor dem flachen Wasserkanal angeordnete Prallplatte zur Bestimmung der Stelle, an welcher der laminare Wasservorhang auf das Stahlerzeugnis von hoher Temperatur auftrifft.

DE 3537508 A1

Dipl. Ing. Klaus Westphal  
Dr. rer. nat. Bernd Mussnug

Dr. rer. nat. Otto Buchner  
P A T E N T A N W Ä L T E  
European Patent Attorneys

Waldstrasse 33  
D-7730 VS-VILLINGEN

Telefon 07721-56007  
Telegr. Westbuch Villingen  
Telex 5213177 webu d

Flossmannstrasse 30a

D-8000 MÜNCHEN 60

3537508

Telefon 089-832446  
Telegr. Westbuch München  
Telex 5213177 webu d  
Telecop. 089-8344618  
(CCITT2) attention webu  
U.Z. 858.60

### PATENTANSPRÜCHE

1. Düsenverteilerkopf zur Erzeugung einer flachen laminaren Strömung, gekennzeichnet durch einen Wasserbehälter, einen flachen Wasserkanal, der an einer Oberseite einer Seitenwand des Wasserbehälters angeordnet ist, und ein Wasserzuleitungsrohr, das innerhalb des Wasserbehälters vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Prallplatte mit einer etwas größeren Breite als derjenigen des flachen Wasserkanals senkrecht vor dem Wasserkanal dergestalt angeordnet ist, daß eine Fläche der Prallplatte eine Ebene des Wasserkanals im rechten Winkel schneidet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der flache Wasserkanal zwei Seitenwände aufweist, die in Richtung der Strömungsbreite auf einer Bodenplatte des flachen Wasserkanals verschiebbar sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß zwei oder mehrere Paare von verstellbaren Einleg-  
platten symmetrisch in Richtung der Strömungsbreite  
dergestalt angeordnet sind, daß sie jeweils von zwei  
5 Seitenwänden des flachen Wasserkanals gegen die Mitte  
desselben verschiebbar sind, wodurch der Bodenteil  
des Wasserkanals in der Mitte tief und an den Seiten  
flach ist.
- 10 5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß der flache Wasserkanal eine erforderliche Mindest-  
länge L aufweist, welche durch folgende Gleichung  
ausgedrückt ist:

15 
$$L = 25 \times Q^{1,7}$$

mit L = erforderliche Mindestlänge des flachen Wasser-  
kanals,

Q = Durchsatz (m<sup>3</sup>/min.m).

22.10.65

3537508

- 3 -

U.Z. 858.60

NIPPON KOKAN KABUSHIKI KAISHA  
1-2 Marunouchi 1-chome,  
Chiyoda-ku, Tokio  
Japan

Düsenverteilerkopf zur Erzeugung einer flachen laminaren  
Strömung

5 Die Erfindung betrifft einen Düsenverteilerkopf zur Erzeugung einer flachen laminaren Strömung beim Abkühlen von Stahlerzeugnissen von hohen Temperaturen mit Kühlwasser (laminarer Wasservorhang), wobei eine gleichmäßige und wirksame Abkühlung derartiger Stahlerzeugnisse mit hohen Temperaturen erzielt wird.

10 Im allgemeinen eignet sich eine flache laminare Strömung mit großer Kühlkapazität und gleichmäßiger Kühlwirkung in Richtung der Breite eines flachen Stahlerzeugnisses zur Zwangskühlung oder zur prozeßgekoppelten Wärmebehandlung  
15 von flachen Stahlerzeugnissen mit hoher Temperatur in einem Warmwalzwerk oder von nacherwärmten flachen Stahlerzeugnissen mit hoher Temperatur, und die Abkühlung von Stahlerzeugnissen mittels einer flachen laminaren Strömung wird in Stahlwerken und dergleichen weitgehend verwendet.

- Zu den bisher zur Erzeugung einer flachen laminaren Strömung bekannten Vorrichtungen gehören zwei Arten von Düsenverteilerköpfen: die offene und die geschlossene Art. Die offenen Düsenverteilerköpfe sind derart ausgelegt, daß eine flache laminare Strömung dadurch erzeugt wird, daß das durch mehrere Austrittsöffnungen auf der Unterseite eines Wasserrohrs zugeführte Wasser aus einer schlitzförmigen Düse ausfließt, und diese laminare Strömung trifft auf ein flachgewalztes Stahlerzeugnis mit hoher Temperatur, so daß das Stahlerzeugnis abgekühlt wird. Dagegen ist der geschlossene Düsenverteilerkopf derart ausgelegt, daß das durch ein Wasserrohr zugeführte Kühlwasser in einem Behälter eingeschlossen ist und durch eine schlitzförmige Düse ausfließt, wodurch eine flache laminare Strömung erzielt wird.

Die schlitzförmigen Düsen dieser Bauart weisen die nachstehend beschriebenen Nachteile auf:

- (a) Da der für die Aufrechterhaltung einer laminaren Strömung erforderliche Mindestdurchsatz von der Größe des Düsenpalts abhängt, wird bei Reduzierung des Durchsatzes unterhalb eines Mindestwertes am Austritt des Düsen Schlitzes Luft mitgerissen, so daß der Wasserstrom, der von der schlitzförmigen Düse austritt und nach unten fällt, eine diskontinuierliche Strömung von Tropfen von nicht-einheitlicher Teilchengröße ergibt, so daß es unmöglich ist, den gewünschten laminaren Strömungszustand aufrechtzuerhalten. Wenn der Durchsatz kontinuierlich erhöht wird, erhöht sich auch die Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus der Düse, und das von der schlitzförmigen Düse austretende und nach unten fallende Wasser nimmt die Form einer turbulenten Strömung an, so daß die gewünschte flache laminare Strömung nicht erzielt wird. Folglich bewegt sich der Bereich der Durchsatzwerte

die mit einer einzigen herkömmlichen schlitzförmigen Düse beherrschbar sind, in einem Verhältnis von Maximal- zu Minimaldurchsatz von 5 zu 1.

- 5 Da die herkömmlichen Düsenverteilerköpfe für flache laminare Strömung verhältnismäßig kleine beherrschbare Durchsatzbereiche aufweisen, wie oben dargelegt, sind sie in gewissen Fällen zum Abkühlen von flachgewalzten Stahlerzeugnissen mit hoher Temperatur und veränderlicher
- 10 Dicke auf die gewünschten Temperaturen ungeeignet, oder es ist unmöglich, mit ihnen eine Einstellung der gewünschten Abkühlgeschwindigkeit zu erreichen. Um diese Mängel auszuschalten, wurde daher eine schlitzförmige Düse mit veränderlichem Spalt vorgeschlagen, bei dem am vorderen
- 15 Düsenende eine Einrichtung zum Steuern des Wasserdurchsatzes und zum Verstellen der schlitzartigen Öffnung vorgesehen ist; dieses Verfahren weist den Nachteil auf, daß es einen komplizierten Aufbau bedingt und die Kosten der Vorrichtung erhöht.
- 20 Es ist zu beachten, daß die Bezeichnung "laminare Strömung" nicht der Definition der idealen laminaren Strömung, z.B. der Reynolds'schen Zahl  $Re \leq 2.000$ , entspricht, sondern daß sie als diejenige Strömung bestimmt wird,
- 25 deren Untergrenze die Mindestströmungsgeschwindigkeit bildet, bei welcher das Wasser die schlitzförmige Düse ausfüllt und kontinuierlich in Form einer flachen Strömung ausfließt, und deren Obergrenze einer höheren Strömungsgeschwindigkeit entspricht, bei welcher beim Auf-
- 30 treffen auf einen abzukühlenden Gegenstand fast der gesamte aus der Düse ausströmende Wasservorhang verspritzt wird und nicht als parallele Strömung über die Oberfläche des Erzeugnisses fließt.

(b) Daneben ist es beim Abkühlen eines Stahlerzeugnisses von hoher Temperatur mit einer flachen laminaren Strömung zur gleichmäßigen Kühlung des Erzeugnisses in Richtung seiner Breite wesentlich, eine gleichmäßige Strömungsverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses sicherzustellen, d.h. den Spalt der schlitzförmigen Düse längs der gesamten Ausdehnung des Erzeugnisses in Richtung seiner Breite gleichmäßig zu gestalten. Wenn die Breite eines abzukühlenden Stahlerzeugnisses mit hoher Temperatur zunimmt, so daß die Längsausdehnung einer schlitzförmigen Düse erhöht wird, so ist es vom Gesichtspunkt der Verfahrensgenauigkeit schwierig, die schlitzförmige Düse dergestalt herzustellen, daß sie über die gesamte Ausdehnung der Düsenbreite gleichmäßig wird. Folglich wird der Spalt der schlitzförmigen Düse in Längsrichtung uneinheitlich, so daß die Strömungsverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses uneinheitlich wird, und die Schwankungen betragen bis zu 15%, so daß es schwierig wird, das Stahlerzeugnis mit hoher Temperatur in Richtung seiner Breite gleichmäßig abzukühlen.

(c) Wenn bei einem geschlossenen Düsenverteilerkopf Luft von außen in den Verteilerkopf eindringt, werden Luftblasen in dem Wasservorhang mitgerissen, so daß nicht nur der Wasservorhang gestört und die Kühlfähigkeit reduziert wird, sondern auch die Aufrechterhaltung eines stabilen laminaren Strömungszustands unmöglich wird. Daher ist es beim Aufbau eines geschlossenen Düsenverteilerkopfes erforderlich, darauf zu achten, daß die Abdichtung des Düsenverteilerkopfs nach außen verstärkt und das Eindringen von Luft mit dem zugeleiteten Wasser verhindert wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Düsenverteilerkopf für flache laminare Strömung zu schaffen, welcher derart ausgelegt ist, daß eine zur Verwendung

bei der Kühlung von flachgewalzten Stahlerzeugnissen mit hoher Temperatur usw. geeignete laminare Strömung gleichmäßig über die Breitenausdehnung des Erzeugnisses mit einem breiten beherrschbaren Durchsatzbereich erzeugt  
5 wird, daß die flache laminare Strömung auf jedem abzukühlenden flachgewalzten Stahlerzeugnis von hoher Temperatur stets an der gleichen Stelle auftrifft, wobei die Breite der flachen laminaren Strömung in Abhängigkeit von der Breite des abzukühlenden Stahlerzeugnisses ver-  
10 stellbar ist und dann, wenn ein abzukühlendes Stahlerzeugnis von hoher Temperatur eine Temperaturverteilung in Richtung seiner Breite aufweist, die Strömungsgeschwindigkeit der flachen laminaren Strömung in Richtung der Breite des Erzeugnisses gemäß der Temperaturverteilung  
15 verändert werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Wasserbehälter, einen an der Oberseite einer Seitenwand des Wasserbehälters vorgesehenen flachen Wasserkanal  
20 und ein im Inneren des Wasserbehälters angeordnetes Wasserrohr, wobei das Kühlwasser im Wasserbehälter über die Seitenwand überläuft, durch den Wasserkanal fließt und in Form einer flachen laminaren Strömung vom vorderen Ende des Wasserkanals nach unten fällt.

25 Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Prallplatte mit einer etwas größeren Breite als derjenigen des Wasserkanals senkrecht vor dem flachen Wasserkanal dergestalt angeordnet, daß ihre Fläche  
30 senkrecht zur Ebene des Wasserkanals steht und der Wasservorhang aus dem Wasserkanal die Prallplatte beaufschlagt und dadurch gezwungen wird, die Form eines nach unten gerichteten laminaren Wasservorhangs anzunehmen.

35 Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist der Düsenverteilerkopf für eine flache laminare Strömung



derart ausgelegt, daß zwei Seitenwände am vorderen Ende  
des flachen Wasserkanals dergestalt angeordnet sind,  
daß sie in Richtung der Strömungsbreite verstellbar sind,  
und die Breite der flachen laminaren Strömung wird in  
5 Abhängigkeit an der Breite eines abzukühlenden Stahler-  
zeugnisses von hoher Temperatur eingestellt.

Eine weitere zweckmäßige Ausführungsform der Erfindung  
zeichnet sich dadurch aus, daß der Düsenverteilerkopf  
10 derart ausgelegt ist, daß zwei verstellbare Einlegplatten  
symmetrisch bezüglich der Breitenerstreckung der Strömung  
angeordnet sind, so daß sie von den Seitenwänden des  
flachen Wasserkanals gegen die Mitte verschiebbar sind,  
wodurch der Bodenteil des Wasserkanals in der Mitte tief  
15 und an den Seiten flach wird.

Durch den Grundgedanken der Erfindung nimmt bei der oben  
beschriebenen Auslegung des Verteilerkopfs nicht nur  
der vom vorderen Ende des flachen Wasserkanals nach unten  
20 fallende Wasservorhang die Form einer laminaren Strömung  
an, sondern es wird insbesondere die Wasserfläche des  
Kühlwassers nicht gestört. Im allgemeinen wird im Fall  
eines herkömmlichen Verteilerkopfes das Kühlwasser inner-  
halb des Verteilerkopfes in beträchtlichem Umfang gezwungen,  
25 die Form einer turbulenten Strömung unter dem Einfluß  
des dynamischen Drucks des Speisewassers anzunehmen,  
und die Oberfläche des Kühlwassers wird ebenfalls gestört.  
Das Vorhandensein einer derartigen Störung gestaltet  
die Strömungsverteilung der Düse in der Breitenausdehnung  
30 des Erzeugnisses uneinheitlich. Zwar wäre es vorstellbar,  
zum Verhindern einer derartigen Störung das Volumen des  
Verteilerkopfes so weit zu vergrößern, daß der dynamische  
Druck des Speisewassers abfällt und die Wasseroberfläche  
nicht beeinflußt wird, doch ergibt sich daraus ein sperriger  
35 Aufbau, und der Einbau in die Fertigungsstraße oder der-  
gleichen wird erschwert. Diese Nachteile werden jedoch

durch die Vorrichtung gemäß der Erfindung leicht ausgeschaltet, wobei das aus dem Verteilerkopf überfließende Kühlwasser vom flachen Wasserkanal mit einem horizontalen Strömungsweg, der das Kühlwasser im wesentlichen horizontal führt, nach unten fällt. Selbst wenn die Oberfläche des Kühlwassers im Verteilerkopf gestört ist, wird das überströmende Kühlwasser durch den horizontalen Verlauf durch den flachen Wasserkanal ausgerichtet, und der vom vorderen Ende des flachen Wasserkanals nach unten fallende laminare Wasservorhang erhält somit eine gleichmäßige Dicke in Richtung der Breite des Erzeugnisses.

Da dieser flache Wasserkanal offen ist und sein oberes Ende mit der Umgebung in Verbindung steht, ist im Gegensatz zur herkömmlichen schlitzförmigen Düse der Mindestdurchsatz nicht durch den Spalt der Düse bestimmt, und der Durchsatz kann innerhalb eines breiten Bereichs von 0 bis 5 m<sup>3</sup>/min.m mit einem einzigen Verteilerkopf frei verstellt werden, wodurch der beherrschbare Bereich der Kühlkapazität beträchtlich erhöht wird.

Durch den oben beschriebenen Aufbau erhält der Düsenverteilerkopf für flache laminare Strömung gemäß der Erfindung die nachstehend beschriebenen vorteilhaften Eigenschaften:

(a) Die Dicke der das abzukühlende flachgewalzte Stahlerzeugnis von hoher Temperatur beaufschlagenden flachen laminaren Strömung ist gleichmäßig in Richtung der Breite des Erzeugnisses.

(b) Der Durchsatz der flachen laminaren Strömung kann über einen breiten Bereich von Strömungswerten beherrscht werden.

(c) Die flache laminare Strömung kann dazu gezwungen werden, beim Abfallen jedes abzukühlende Erzeugnis an einer gegebenen Stelle zu beaufschlagen.

(d). Die Breite der flachen laminaren Strömung kann in Abhängigkeit von der Breite eines abzukühlenden Erzeugnisses eingestellt werden.

(e) Der Durchsatz kann in Abhängigkeit von der Temperaturverteilung in Richtung der Breite des abzukühlenden Erzeugnisses gesteuert werden.

Anhand der Figuren werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigt:

10

Fig. 1a eine Seitenansicht eines herkömmlichen Düsenverteilerkopfes für flache laminare Strömung im Schnitt,

15 Fig. 1b eine perspektivische Darstellung des Düsenverteilerkopfes von Fig. 1a,

20 Fig. 2 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Spalt des Schlitzes und dem Durchsatz sowie dem laminaren Strömungsbereich beim herkömmlichen Düsenverteilerkopf,

25 Fig. 3a eine Seitenansicht eines Düsenverteilerkopfes für flache laminare Strömung gemäß der Erfindung im Schnitt,

Fig. 3b einen Schnitt längs der Linie III - III von fig. 3a,

30 Fig. 4 eine graphische Darstellung für die Bestimmung der Länge L des horizontalen Strömungswegs,

Fig. 5 eine Seitenansicht einer anderen Ausführungsform der Erfindung im Schnitt,

- Fig. 6 eine Seitenansicht eines weiteren Düsenverteilerkopfs für flache laminare Strömung mit einer Prallplatte, im Schnitt,
- 5 Fig. 7 ein Schema zur Erklärung des Strömungswegs des Wasservorhangs,
- Fig. 8 ein Schema zur Erklärung der Lage der Prallplatte,
- 10 Fig. 9a ein anderes Schema zur Erklärung der Lage der Prallplatte,
- Fig. 9b ein weiteres Schema zur Erklärung der Lage der Prallplatte,
- 15 Fig. 10a eine Vorderansicht eines weiteren Düsenverteilerkopfes für flache laminare Strömung mit verschiebbaren Seitenplatten,
- 20 Fig. 10b eine Draufsicht auf Fig. 10a,
- Fig. 11a eine Vorderansicht eines anderen Düsenverteilerkopfs für flache laminare Strömung mit verstellbaren Einlegplatten,
- 25 Fig. 11b eine Seitenansicht der Vorrichtung von Fig. 11a im Schnitt,
- Fig. 12a eine Seitenansicht der verstellbaren Einlegplatte bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,
- 30 Fig. 12b eine Seitenansicht einer abgeänderten Einlegplatte gemäß der Erfindung,
- 35 Fig. 13 eine weitere Ausführungsform der Erfindung mit mehreren verstellbaren Einlegplatten auf jeder Seite, teilweise im Schnitt.

In Fig. 1a ist ein herkömmlicher offener Düsenverteilerkopf 1 für flache laminare Strömung, und in Fig. 1b ein herkömmlicher geschlossener Düsenverteilerkopf 10 dargestellt. Beim ersteren wird Kühlwasser 5 in einen Wasserbehälter 2 durch ein Wasserrohr 3 mit einer großen Zahl von Eintrittsöffnungen 4 eingeleitet, und das Kühlwasser 5 tritt aus einer Düse 6 aus und fällt als Wasservorhang 7 nach unten. Beim letzteren wird Kühlwasser 5 in einen Wasserbehälter 12 durch ein Wasserrohr 11 geleitet, und das Kühlwasser 5 tritt aus einer Düse 13 aus und fällt als Wasservorhang 14 nach unten. Bei jedem der beiden Düsenverteilerköpfe bestimmt der Spalt  $t$  der Düse 6 oder 13 den Mindest- und Höchstdurchsatz zur Aufrechterhaltung einer laminaren Strömung. Fig. 2 ist eine graphische Darstellung, wobei die Abszisse den Spalt  $t$  (mm) und die Ordinate den Durchsatz  $F$  ( $m^3/min.m$ ) darstellt. Wie aus der graphischen Darstellung ersichtlich, ist der Bereich verhältnismäßig klein und weist zwischen Maximum und Minimum ein Verhältnis von ca. 5 zu 1 auf. Da es schwer ist, den Spalt  $t$  der Düse über die gesamte Breitenausdehnung gleichmäßig zu gestalten, ändert sich auch der Durchsatz  $Q$  in Breitenrichtung, und dies hat eine nachteilige Auswirkung auf die gleichmäßige Abkühlung eines abzukühlenden Stahlerzeugnisses.

Fig. 3a und 3b stellen eine Seitenansicht bzw. eine Vorderansicht einer Ausführungsform der Erfindung dar. Wie aus den Figuren ersichtlich, ist ein flacher Wasserkanal 23 mit einem im wesentlichen horizontalen Strömungsweg an der Oberseite einer Seitenwand 22 eines Wasserbehälters 21 eines Verteilerkopfs 20 angeordnet, und Kühlwasser 26 wird durch ein Wasserrohr 24 eingeleitet, das mit einer großen Zahl von Austrittsöffnungen 25 an seiner unteren Fläche versehen ist. Wenn daher das Kühlwasser 26 an der Seitenwand 22 überströmt, so daß es durch den flachen Wasserkanal 23 fließt und über sein vorderes Ende

strömt, ergibt sich ein laminarer Wasservorhang 27.

Bezüglich der erforderlichen Länge L des horizontalen Strömungswegs zeigen die Ergebnisse verschiedener Versuche, daß, um die Schwankung der Strömungsverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses, wie sie durch die nachstehende Gleichung (1)

$$\text{Schwankung der Strömungsverteilung} = \frac{\text{Höchstdurchsatz} - \text{Minstdurchsatz}}{\text{mittlerer Durchsatz}} \times 100 \quad (1)$$

auf 5% oder darunter zu halten, die erforderliche Mindestlänge durch folgende Gleichung gegeben ist:

$$L = 25 \times Q^{1,7} \quad (2)$$

mit L = Länge des flachen Wasserkanals in mm  
Q = Durchsatz in m<sup>3</sup>/min.m

Diese Werte für den Höchst- und Minstdurchsatz Q etc. wurden in der Weise gemessen, daß im Fall einer Düsenbreite von z.B. 2500 bis 5000 mm die Länge in Einheiten von 100 bis 200 mm in Richtung der Düsenbreite unterteilt und die fallende Wassermenge pro Breitereinheit der Düse in einem geeigneten Gefäß aufgefangen und dann gemessen wurde.

Fig. 4 ist eine graphische Darstellung der Gleichung (2). Wenn die Länge L des horizontalen Strömungswegs im Bereich oberhalb der Kurve Z liegt, ist es möglich, eine flache laminare Strömung zu erhalten, welche die Schwankungen der Strömungsverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses auf 5% oder darunter hält, und diese flache laminare Strömung ist besser als diejenige des herkömmlichen Verteilerkopfs. Daher sollte die Länge

L vorzugsweise in dem Bereich liegen, welcher die obengenannte Beziehung am besten erfüllt.

Fig. 5 zeigt eine andere Ausführungsform der Erfindung, welche sich von der ersten Ausführungsform dadurch unterscheidet, daß die Lage des flachen Wasserkanals 23, der an der Oberseite der Seitenwand 22 des Verteilerkopfes angeordnet ist, auf der Innenseite des Verteilerkopfes 20 gewählt wird, wie in der Figur dargestellt. Die gleiche Wirkung kann dadurch erzielt werden, daß der Winkel, unter welchem der horizontale Strömungsweg im Verhältnis zur Horizontalen befestigt wird, im Bereich von  $\pm 15$  Grad liegt.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, die sich vom Düsenverteilerkopf für flache laminare Strömung der ersten Ausführungsform dadurch unterscheidet, daß eine Prallplatte 31 vor dem flachen Wasserkanal 23 des Verteilerkopfes 20 angeordnet ist und der Wasservorhang 27, der vom vorderen Ende des flachen Wasserkanals 23 nach unten fällt, die Prallplatte 31 beaufschlagt und dadurch gezwungen wird, als laminarer Wasservorhang 32 nach unten zu fallen.

Wenn der in Fig. 6 gezeigte Verteilerkopf 20 nicht mit der Prallplatte 31 versehen ist, fällt der Wasservorhang 27 vom Verteilerkopf 20 dergestalt nach unten, daß er, wie in Fig. 7 dargestellt, einen Parabelweg beschreibt, der sich in Abhängigkeit vom Durchsatz oder von der Menge der Wasserzufuhr aus dem flachen Wasserkanal 23 ändert, und die Stelle P, an welcher der Wasservorhang 27 ein Stahlerzeugnis von hoher Temperatur beaufschlagt, ändert sich in Abhängigkeit von der Wassermenge. Die Prallplatte 31 ist daher bei dieser Ausführungsform zur Korrektur der Fallrichtung des Wasservorhangs 27 vorgesehen.

In Fig. 7 ist also der Abstand X zwischen dem vorderen Ende der Düse und der Stelle P, an welcher der fallende laminare Wasservorhang 27 die Oberfläche eines abzukühlenden Stahlerzeugnisses 33 beaufschlagt, durch die nachstehende Formel gegeben, worin die Höhe des Düsenverteilerkopfs über der Oberfläche des Stahlerzeugnisses H (m),  
5 die Düsenströmungsgeschwindigkeit  $V_0$  (m/sec) und die Erdbeschleunigung  $9,8 \text{ m/sec}^2$  beträgt, vorausgesetzt daß der Wert von H mit 2,5 m oder weniger gewählt wird.

$$10 \quad X(m) = \frac{2 V_0^2 \cdot H}{9,8} \quad (1)$$

Wenn mit  $H = 1,5 \text{ m}$  die Kühlwassermenge Q in einem Bereich von  $0,3$  bis  $2,5 \text{ m}^3/\text{min.m}$  verändert wird, schwankt der Ort des Punkts P bzw. der Abstand X um einen Betrag,  
15 der innerhalb von 350 mm liegt.

Wenn allgemein ein flachgewalztes Stahlerzeugnis von hoher Temperatur abzukühlen ist, wird die obere und untere Fläche des Stahlerzeugnisses gleichzeitig gekühlt, um  
20 das Auftreten von Abkühlspannungen zu vermeiden und eine gleichmäßige Qualität des Erzeugnisses usw. sicherzustellen. Wenn beim Abkühlen an einem Warmwalz-Auslaufrollgang das Kühlwasser die obere und untere Fläche eines Stahlerzeugnisses aus den erwähnten Gründen an verschiedenen Stellen  
25 beaufschlagt, wird die Qualität des Stahlerzeugnisses verschlechtert und es ist daher nicht wünschenswert, daß die Auftreffpunkte des laminaren Wasservorhangs auf dem Stahlerzeugnis sich in Abhängigkeit vom Durchsatz ändern. Desgleichen macht es beim Abkühlen der Außenfläche  
30 eines Stahlrohrs durch den laminaren Wasservorhang jegliche Schwankung des Abstands X unmöglich, daß der laminare Wasservorhang im Scheitelpunkt des Stahlrohrs auftrifft, und dies ist in Bezug auf die Kühlwirkung am Stahlrohr unzuträglich. Zwar könnte man diesen Mangel durch An-  
35 bringen einer Vorrichtung ausschalten, welche die Lage



des Düsenverteilerkopfes in Abhängigkeit vom Wasserdurchsatz nach hinten bzw. vorne verschiebt, doch dies ist wiederum nachteilig unter dem Gesichtspunkt der Gerätekosten und der Wartung.

- 5 Die vorliegende Ausführungsform schafft einen Düsenverteilerkopf, welcher die vorgenannten Nachteile sowie die Gefahr ausschaltet, daß sich der Auftreffpunkt des laminaren Wasservorhangs bei einer Änderung des Wasserdurchsatzes ebenfalls ändert.

10

Um zu erreichen, daß der vom vorderen Ende des Wasserkanals 23 austretende Wasservorhang 27 die Prallplatte 31 beaufschlagt, um den gewünschten laminaren Wasservorhang 32 zu erhalten, ist es wesentlich, daß die Werte von A, B und D in Fig. 8 die Bedingung der folgenden Gleichung (2) erfüllen.

15

$$A(m) \geq D_{\max}(m) \quad (2)$$

20

$D_{\max} = D(m)$  bei maximalem Durchsatz

$$B(m) \geq \frac{9,8}{2} \times \frac{A^2}{Q_{\min} \frac{D}{D_{\min}}} \quad (3)$$

25

$Q_{\min}$  = Mindestdurchsatz in  $m^3/sec.m$

$D_{\min} = D(m)$  bei Mindestdurchsatz

- Wenn die Gleichungen (2) und (3) erfüllt werden, ist es möglich, zu erreichen, daß der laminare Wasservorhang 32 stets am gleichen Punkt die Oberfläche aller Stahlerzeugnisse beaufschlagt. Wenn jedoch der Wert D größer ist als der Wert von A, wird die Dicke des nach unten fallenden Wasservorhangs gleich dem Wert A, so daß nicht nur der fallende Wasservorhang beschleunigt wird und dadurch nicht mehr laminar ist, sondern es auch unmöglich
- 30
- 35

wird, die gewünschte Abkühlgeschwindigkeit zu erreichen. Folglich ist es erforderlich, die Werte von A derart zu wählen, daß sie mindestens gleich oder größer sind als der Wert von  $D_{\max}$ , welcher dem genannten maximalen Wasserdurchsatz entspricht.

5

Wenn der Wasserdurchsatz  $Q$  hoch ist, erhöht sich auch der Wert von  $D$ , und die Ausgangsgeschwindigkeit mit  $V_0$  des Wasservorhangs vom vorderen Ende des Wasserkanals 23 wird naturgemäß erhöht. Demzufolge trifft das vordere  
10 Ende der vom Wasservorhang beschriebenen Parabel auf die Prallplatte 31 und fällt als laminarer Wasservorhang senkrecht nach unten wie in Fig. 9a dargestellt. Wenn umgekehrt der Wasserdurchsatz  $Q$  niedrig ist und dadurch  
15 der Wert von  $D$  und der Ausgangsgeschwindigkeit  $V_0$  des Wasservorhangs vom vorderen Ende des Wasserkanals 23 abnimmt, und wenn die Länge der Prallplatte oder  $B$  klein ist, wie in Fig. 9b dargestellt, trifft die vom Wasservorhang beschriebene Parabel nicht auf die Prall-  
20 platte 31 und ergibt somit nicht den gewünschten laminaren Wasservorhang, dessen Auftreffstelle auf dem Stahlerzeugnis den gewünschten Abstand  $A$  vom vorderen Ende des Wasserkanals 23 aufweist. Daher muß die Höhe  $B$  des unteren Endes der Prallplatte 31 über der Oberfläche des Wasserkanals 23 die Gleichung (3) erfüllen.

25

Fig. 10a und 10b zeigen eine weitere Ausführungsform des Düsenverteilerkopfes für flache laminare Strömung gemäß der Erfindung, welche eine Änderung der Breite des Wasservorhangs gestattet. Fig. 10a zeigt die Vorder-  
30 ansicht und Fig. 10b die Draufsicht. Wie aus den Figuren ersichtlich, sind an der Bodenplatte des vorderen Endes eines flachen Wasserkanals 23 zwei Seitenwände 41 befestigt, von denen jede L-förmig ausgeführt und mit einem unteren Flansch 42 und einer am Boden des Flansches 42 angebrachten  
35 Wasserdichtung 43 versehen sind. Eine Stange 45 eines

Zylinders 44 ist mit der Rückseite jeder Seitenwand 41 verbunden, und die Zylinder 44 werden dergestalt betätigt, daß die Stangen 45 nach vorne bzw. hinten bewegt werden, und der Abstand 1 zwischen den Seitenwänden 41 wird gleichmäßig auf beiden Seiten über die Bodenplatte des flachen Wasserkanals 23 erweitert oder verringert. Mit dem in dieser Weise ausgelegten Düsenverteilerkopf der beschriebenen Ausführungsform der Erfindung ist es aufgrund der Tatsache, daß die Breite eines Wasservorhangs 27 durch Verschieben der beiden am flachen Wasserkanal 23 angebrachten Seitenwände unter Betätigung des Zylinders 44 verändert werden kann, möglich, einen optimalen laminaren Wasservorhang für Kühlungszwecke zu erzeugen, selbst dann, wenn die abzukühlenden Stahlerzeugnisse von hoher Temperatur verschiedene Breiten aufweisen, und dies trägt erheblich zur Verbesserung der Kühlwirkung dieses Verteilerkopfes bei. Bei der beschriebenen Ausführungsform der Erfindung werden die Zylinder 44 als Antriebsmechanismen für die beiden Seitenwände verwendet, doch ist die Erfindung nicht auf die Zylinder 44 beschränkt, und jeder gewöhnliche Mechanismus wie z.B. eine Schraubspindel kann verwendet werden.

Um die Wasserdichtung an den Seitenwänden 41 zu vervollständigen, sollte jede Seitenwand 41 vorzugsweise mit einer Gleitführung versehen sein.

Fig. 11a und 11b zeigen eine Vorderansicht und einen Längsschnitt einer anderen Ausführungsform des Düsenverteilerkopfs für flache laminare Strömung mit verstellbaren Einlegplatten. Wenn allgemein ein erhitztes flachgewalztes gerade aus einem Walzwerk oder einem Wärmebehandlungssofen austretendes Stahlerzeugnis einer Abkühlungs-Wärmebehandlung unterzogen wird, z.B. durch Schnellabschrecken, so erfolgt die Steuerung der gewünschten Abkühl-Endtemperatur aufgrund einer Temperaturänderung des in eine Kühleinrich-

- tung eingebrachten Stahlerzeugnisses oder die Steuerung der Abkühlgeschwindigkeit während des Abkühlvorgangs für jede verschiedene Größe des Erzeugnisses. Eine flache laminare Strömung (laminarer Wasservorhang) mit einer hohen Kühlkapazität, die eine gleichmäßige Kühlung in
- 5 Richtung der Breite des Erzeugnisses bewirkt, eignet sich für diesen Kühlvorgang und wird bei Warmwalz-Auslaufrollgängen, bei gesteuerten Kühlanlagen für dicke Platten usw. verwendet.
- 10 Unabhängig davon, in welcher Weise eine Stahlbramme gleichmäßig erhitzt wurde, wird sie jedoch dadurch zu einer Platte geformt, daß sie einem mehrmaligen Walzvorgang unterzogen wird, und daher ist die Temperaturverteilung in Richtung der Breite der Platte derart, daß die Enden
- 15 der Platte eine um mehrere Dutzend Grade niedrigere Temperatur aufweisen als der Mittelteil der Platte. Dies ist dadurch bedingt, daß die Abkühlung aufgrund einer Kühlrippenwirkung und der Wärmeableitung von den Seitenteilen an den Plattenenden stattfindet und der Temperatur-
- 20 abfall an diesen Stellen beschleunigt wird. Im Fall eines flachen Stahlerzeugnisses mit einer Dicke von z.B. 3,2 mm am Austrittspunkt aus dem Fertiggerüst einer Warmwalzstraße weist die dadurch entstandene Temperaturverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses einen Temperatur-
- 25 unterschied von ca. 70°C zwischen den Endteilen und dem Mittelteil auf. Auch beim Abkühlen eines Stahlergnisses, das in Form von Flachstahl in einem Wärmeofen erhitzt wurde, ist eine mehr oder weniger lange Zeit für den Transport vom Wärmeofen zur Kühleinrichtung erforderlich,
- 30 so daß ebenfalls ein Temperaturunterschied zwischen den Endteilen und dem Mittelteil entsteht, obgleich der Betrag niedrig ist im Vergleich zum Fall eines Erzeugnisses, das nach Abschluß des Walzvorgangs abgekühlt wird.

Wenn eine Abkühlung mit laminarer Strömung unter diesen Verhältnissen durchgeführt wird, erfolgt die Abkühlung der Endteile schneller als diejenige des Mittelteils. Folglich werden selbst dann, wenn eine flache laminare Strömung mit gleichmäßiger Strömungsverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses verwendet wird, die Endteile unvermeidlich stärker abgekühlt, so daß es schwierig ist, das Erzeugnis gleichmäßig in Richtung seiner Breite abzukühlen, und dies verursacht das Auftreten von Temperaturspannungen und Qualitätsunterschieden. Die in Fig. 11a und 11b gezeigte Ausführungsform der Erfindung wurde geschaffen, um diesen Nachteil auszuschalten.

Bei dieser Ausführungsform ist ein flacher Wasserkanal 23 an der Oberseite der gesamten Seitenwand 22 eines Verteilerkopfes 20 angeordnet, der einen horizontalen Strömungsweg 51 bildet, und ein Fenster 54 zur Aufnahme einer verstellbaren Einlegplatte 54 ist am unteren Teil jeder Wand 52 des flachen Wasserkanals 23 vorgesehen. Die verstellbaren Einlegplatten 54 werden durch die Fenster 53 längs der Bodenfläche des flachen Wasserkanals 23 dergestalt eingeführt, daß sie symmetrisch angeordnet sind, so daß der horizontale Strömungsweg 51 in der Mitte tief und auf der linken und rechten Seite flach ist. In der Figur bezeichnet die Bezugszahl 55 eine an der unteren Fläche jeder verstellbaren Einlegplatte 54 angebrachte Dichtung und 56 bezeichnet ein Dichtungsstück, welches in jedem Fenster 53 zur gleitenden Berührung mit der oberen Fläche der verstellbaren Einlegplatte 54 vorgesehen ist. Die Seiten der verstellbaren Einlegplatten 54 sind derart ausgebildet, daß sie eng gegen die Innenseite des aufnehmenden Fensters 53 anliegen. Auf diese Weise ergeben die aufnehmenden Fenster 53 und die verstellbaren Einlegplatten 54 eine wasserdichte Anordnung.

Es wird numehr die Funktion dieser Ausführungsform beschrieben. Die in Richtung der Breite des Erzeugnisses verjüngte Strömung des Verteilerkopfes 20 wird auf folgende Weise erzielt. Wenn die verstellbaren Einlegplatten 54 symmetrisch durch die aufnehmenden Fenster 53 der Seitenwände 52 des flachen Wasserkanals 23 eingeführt werden, wird der vom flachen Wasserkanal 23 gebildete horizontale Strömungsweg 51 in der Mitte tiefer und auf der rechten und linken Seite flacher. Somit ist der Durchsatz im mittleren Teil hoch und an den Endteilen niedrig. Wenn demzufolge das Kühlwasser veranlaßt wird, vom vorderen Ende des flachen Wasserkanals 23 mit vorgegebenen Durchsatzwerten nach unten zu fallen, nimmt der Wasservorhang 57 die Form einer flachen laminaren Strömung mit einer Strömungsverjüngung in Richtung der Breite des Erzeugnisses ein und fällt auf einen erhitzten Flachstahl, welcher unter der flachen laminaren Strömung 57 senkrecht zu deren Richtung vorbeiläuft und dadurch den Flachstahl abkühlt. Da jedoch die Temperaturverteilung im heißen Flachstahl zeigt, daß der Mittelteil eine höhere Temperatur als die Endteile aufweist, kann die Strömungsverjüngung der flachen laminaren Strömung 57 in Abhängigkeit von der Temperaturverteilung verstellt werden, so daß die Endteile des Flachstahls nicht übermäßig abgekühlt werden, sondern der Flachstahl sich gleichmäßig abkühlt.

Die verstellbaren Einlegplatten 54 von gleicher Dicke über ihre gesamte Länge können auch durch keilförmige verstellbare Einlegplatten 56, wie in Fig. 12a gezeigt, oder durch verstellbare Einlegplatten 58 mit gewölbter Verjüngung, wie in Fig. 12b gezeigt, ersetzt werden; wahlweise können auch verstellbare Einlegplatten 60 stufenweise angeordnet werden, wie in Fig. 13 dargestellt, wodurch jede gewünschte Strömungsverteilung in Richtung der Breite des Erzeugnisses erzielt werden kann.

FIG. 1 a

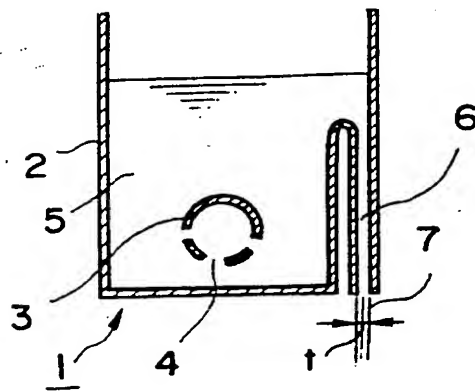


FIG. 1 b

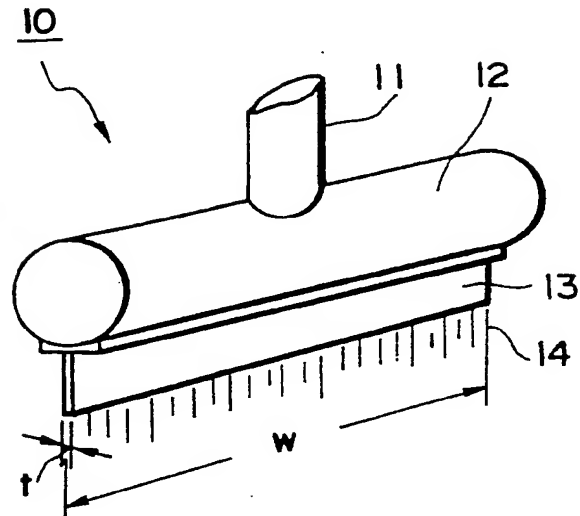


FIG. 2

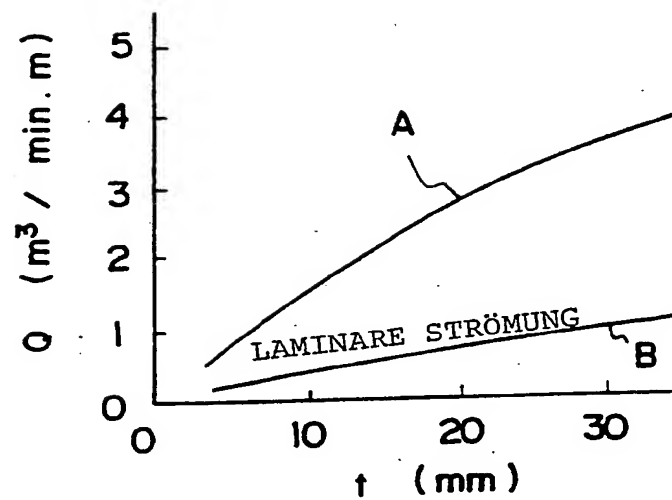


FIG. 3a

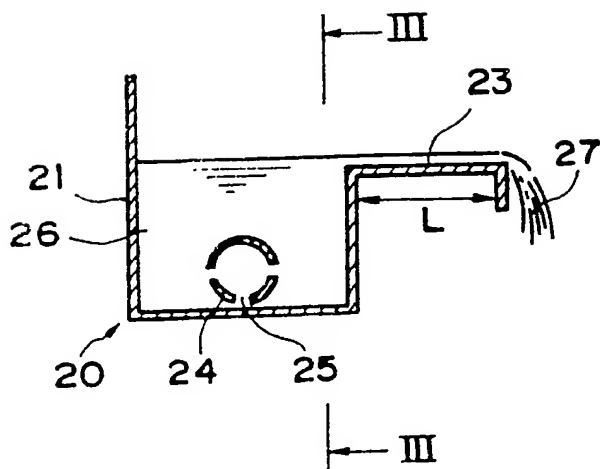


FIG. 3b

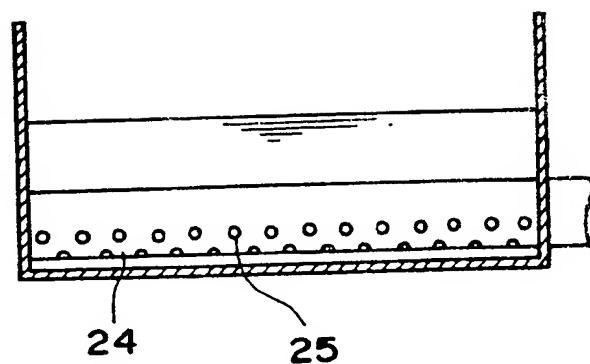


FIG. 4

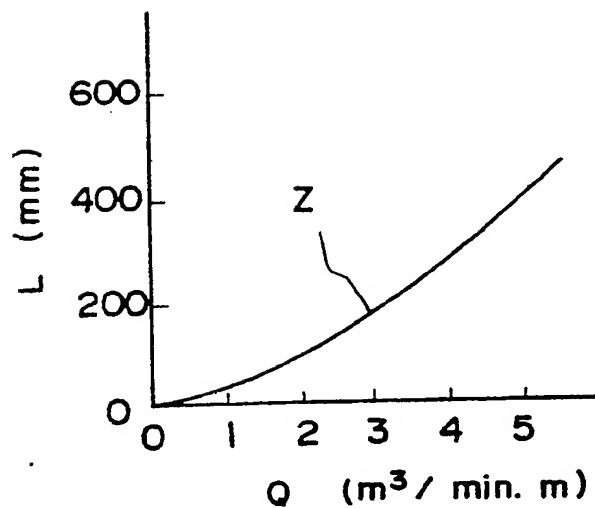
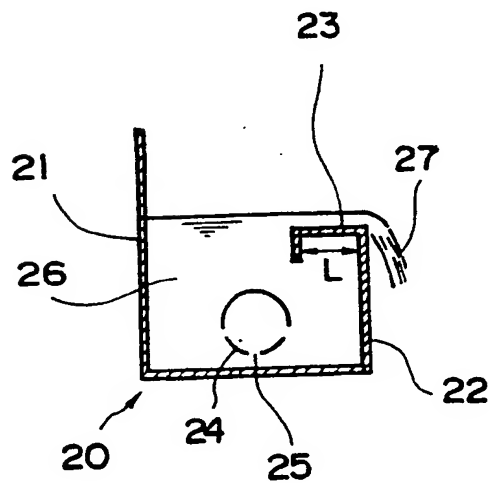


FIG. 5





. 23.

FIG. 6

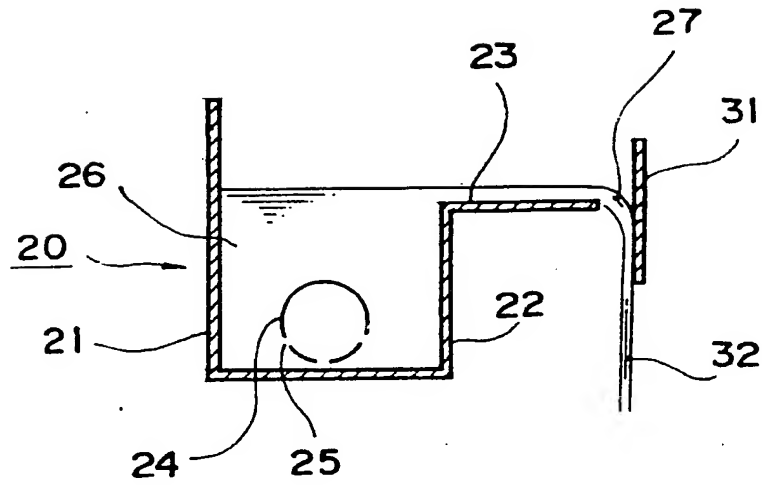


FIG. 7

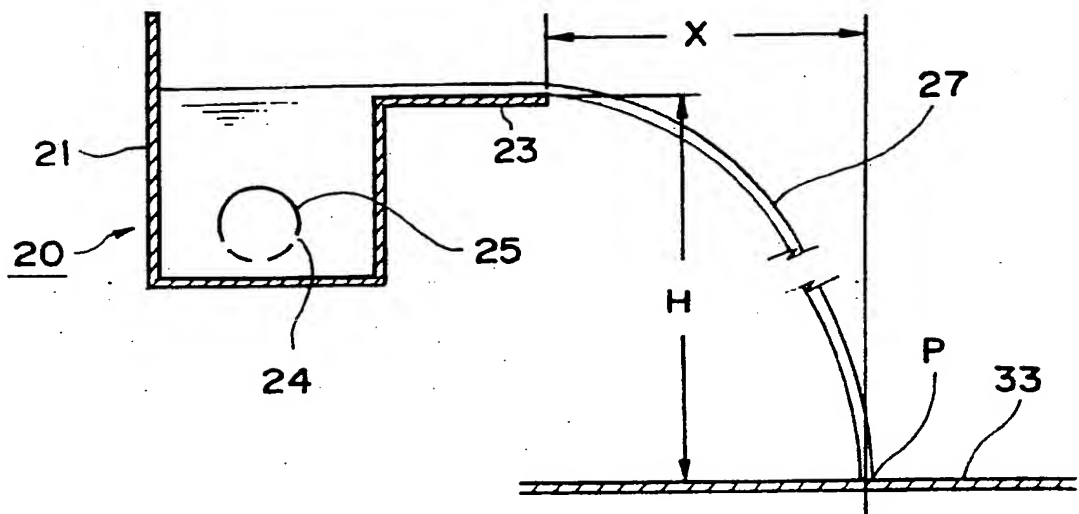


FIG. 8

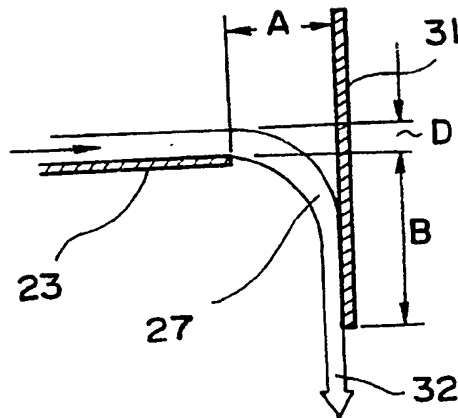


FIG. 9a

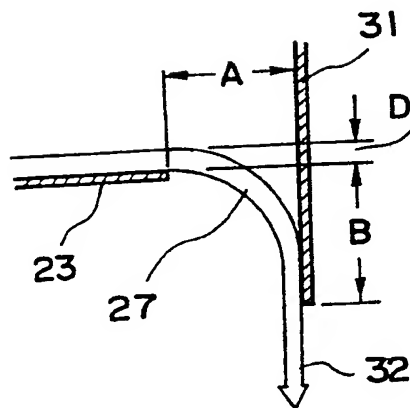


FIG. 9b

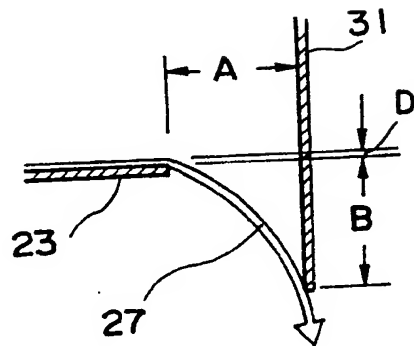


FIG. 10a

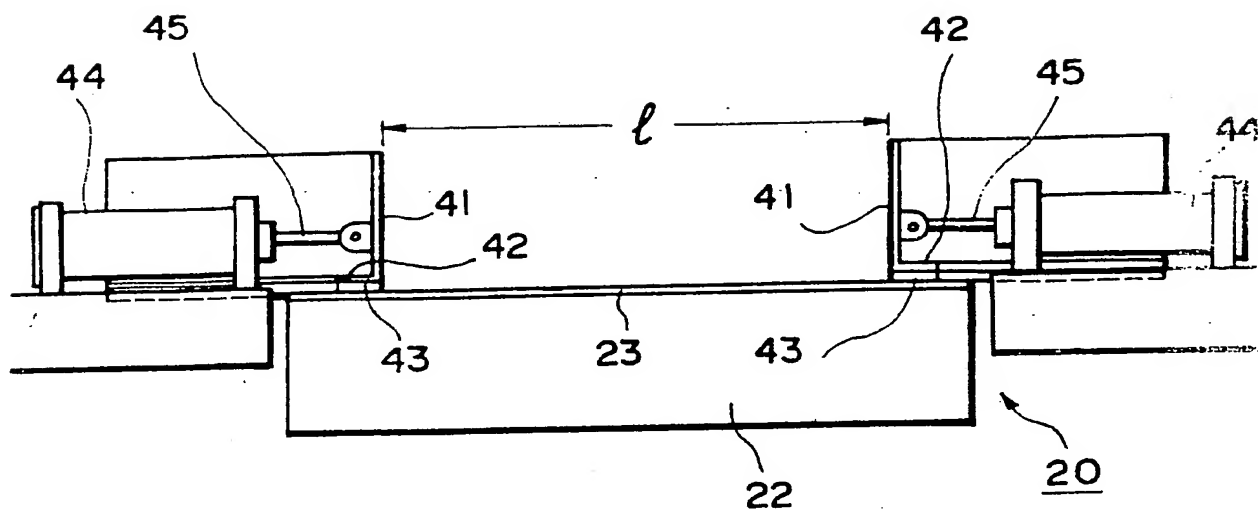


FIG. 10b

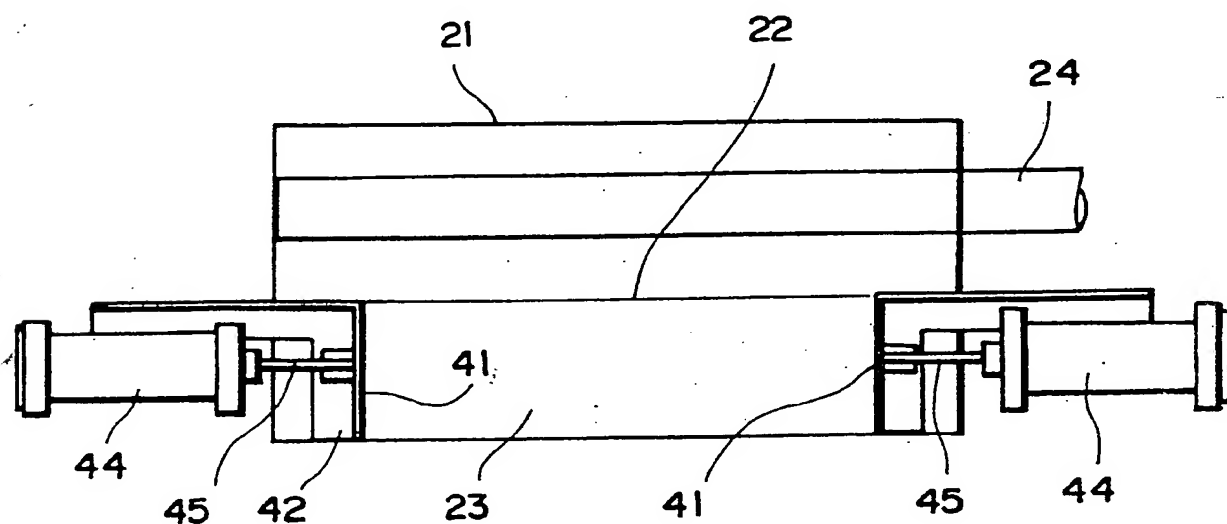


FIG. 11 a

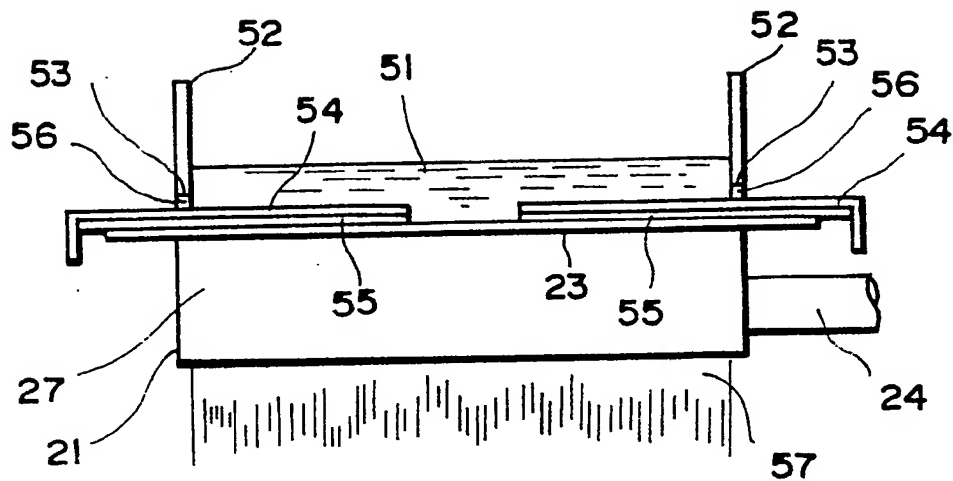


FIG. 11 b

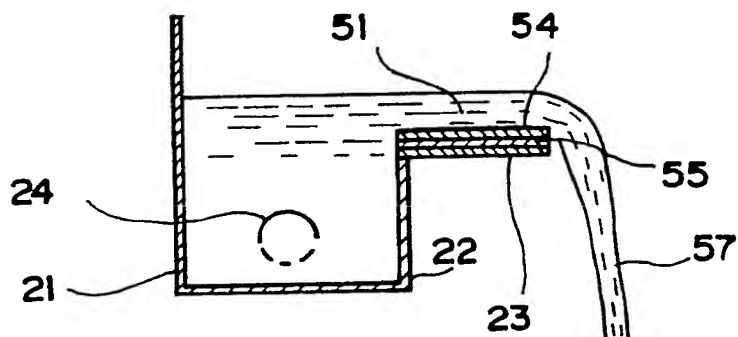


FIG. 12 a

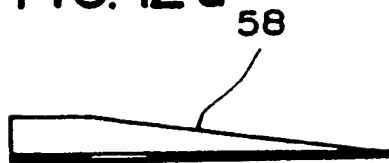


FIG. 12 b

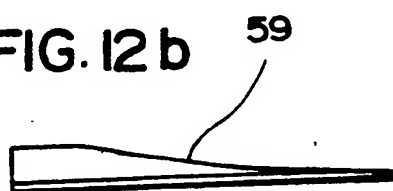


FIG. 13

